

# Glass product manufacturing hollow electrode has protective gas-tight sleeve

**Publication number:** DE10132729 (B4)

**Publication date:** 2004-05-13

**Inventor(s):** DUCH KLAUS DIETER [DE]; ROETTIGERS JOHANNES [DE]; RUEHL ROBERT [DE] +

**Applicant(s):** SCHOTT GLAS [DE] +

**Classification:**


- **international:** *C03B5/027; C03B5/167; H05B3/03; C03B5/00; H05B3/02;*  
(IPC1-7): C03B5/027; H05B3/03

- **European:** C03B5/167B2; C03B5/027; C03B5/167; C03B5/167B;  
H05B3/03


**Application number:** DE20011032729 20010705


**Priority number(s):** DE20011032729 20010705


**Also published as:**

 DE10132729 (A1)


**Cited documents:**

 DE4445167 (C1)

 DE3033769 (A1)

 DE1496406 (B2)

 DE951758 (C)

 DD215774 (A1)

## Abstract of DE 10132729 (A1)

A glass manufacturing hollow electrode (1) has an electrode holder (2) with a cooling geometry employing no water cooling. The electrode is made of a refractory metal and has a protective stainless steel sheath (6) with a gas-tight cap (2) enclosing one end of the electrode, attached to the other otherwise exposed end and leaving a ring gap around the electrode. The sheath protects the electrode against molten glass and the surrounding atmosphere. The sheath may also be made of glass, a fire-resistant material, an electrode stone, a noble metal, a noble metal alloy or MoSi2.

Data supplied from the **espacenet** database — Worldwide



(19)  
Bundesrepublik Deutschland  
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) DE 101 32 729 B4 2004.05.13

(12)

## Patentschrift

(21) Aktenzeichen: 101 32 729.3  
(22) Anmeldetag: 05.07.2001  
(43) Offenlegungstag: 30.01.2003  
(45) Veröffentlichungstag  
der Patenterteilung: 13.05.2004

(51) Int Cl.: C03B 5/027  
H05B 3/03

Innerhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Erteilung kann Einspruch erhoben werden.

(71) Patentinhaber:  
Schott Glas, 55122 Mainz, DE

(74) Vertreter:  
Dr. Weitzel & Partner, 89522 Heidenheim

(72) Erfinder:  
Duch, Klaus Dieter, Dr., 65232 Taunusstein, DE;  
Röttgers, Johannes, 55435 Gau-Algesheim, DE;  
Rühl, Robert, 55130 Mainz, DE

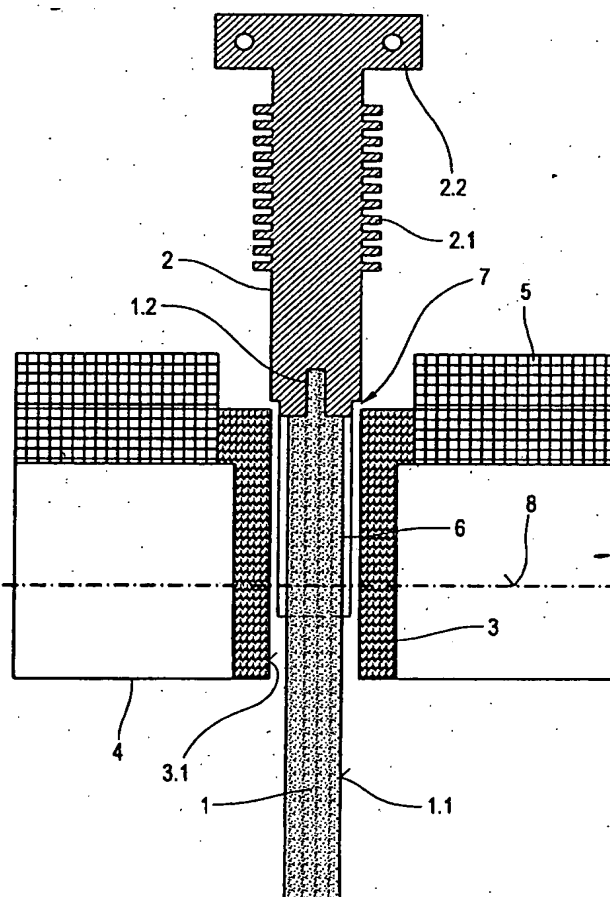
(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht  
gezogene Druckschriften:

DE 44 45 167 C1  
DE 30 33 769 A1  
DE 14 96 406 B  
DE 9 51 758 C  
DD 2 15 774 A1  
US 44 29 402 A  
PAJ-Abstract zu JP 04-342425 A;

(54) Bezeichnung: Elektrodeneneinheit zur Anwendung bei der Glasherstellung

(57) Hauptanspruch: Elektrodeneneinheit zur Anwendung bei der Glasherstellung, insbesondere in mit den folgenden Merkmalen:

- 1.1 mit einer Elektrode (1);
- 1.2 mit einem Elektrodenhalter (2);
- 1.3 der Elektrodenhalter weist eine Kühlgeometrie auf;
- 1.4 der Elektrodenhalter ist frei von einer Wasserkühleinrichtung;
- 1.5 die Elektrode (1) besteht aus einem Refraktärmetall;
- 1.6 es ist eine Schutzhülse (6) vorgesehen, die die Elektrode (1) umhüllt, und deren eines Ende an den Elektrodenhalter (2) gasdicht angeschlossen ist, und deren anderes Ende die Elektrode (1) umschließt;
- 1.7 die Schutzhülse (6) besteht aus einem Material, das gegen eine Glasschmelze sowie gegen die umgebende Atmosphäre beständig ist;
- 1.8 die Schutzhülse (6) ist von einer Feuerfesthülse (3) umschlossen, die aus elektrisch nicht leitendem Material besteht;
- 1.9 die Schutzhülse (6) umhüllt die Elektrode (1) unter Belassen eines Spaltes (6.3)



## Beschreibung

[0001] Bei der Herstellung von Gläsern entstehen Glasschmelzen, denen Wärmeenergie zugeführt wird. Dies betrifft den Prozeß des Erschmelzens von Glas oder Glasscherben wie auch nachgeschaltete Verfahrensschritte, beispielsweise das Läutern oder das Homogenisieren.

## Stand der Technik

[0002] Dabei wird die notwendige Prozeßenergie häufig über den Joulschen Effekt mit hohem Wirkungsgrad direkt im Glasbad freigesetzt.

[0003] Zu diesem Zweck werden Elektroden in die Schmelze eingetaucht, über die der elektrische Strom eingeleitet wird. Gläser werden ab einer bestimmten Temperatur elektrisch leitfähig, wobei der Strom dann im wesentlichen von den unterschiedlich beweglichen Ionen der flüssigen Schmelze transportiert wird. Als Elektrodenmaterial dienen Refraktärmetalle wie Molybdän oder Wolfram,  $\text{SnO}_2$  oder auch Edelmetalle und deren Legierungen. Der Einsatz eines bestimmten Materials wird bestimmt durch die Anwendungstemperatur, das Korrosionsverhalten in dem betreffenden Glas und der verwendeten Heizfrequenz. Als Heizfrequenzen kommen in der Regel die üblichen 50 Hz und vor allem bei hochwertigen Gläsern (zum Beispiel optischen Gläsern) 10 kHz zum Einsatz. Die Wahl sowohl des Elektrodenmaterials als auch der Heizfrequenz wird im wesentlichen von der Qualität des Produktes und durch Kostengesichtspunkte bestimmt. Bei Einsatz von Molybdän oder Wolfram kommt Vollmaterial (zum Beispiel als Stab) zum Einsatz.

[0004] Es sind auch Elektroden bekannt, die einen Kern aus einem Refraktärmetall aufweisen, oder aus Feuerfestmaterial oder aus hochwarmfestem Stahl. Dieser Kern ist von einer Außenhaut aus Edelmetall umgeben. Der Kern kann gekühlt oder ungekühlt sein.

[0005] Die Elektrodeneinheit umfaßt die Elektrode (Stab, Platte, Kalotte usw.) sowie einen diese tragenden Elektrodenhalter. Der Elektrodenhalter und die Elektrode sind fest miteinander verbunden, beispielsweise durch Verschrauben oder durch Schweißung. Er ist seinerseits mit der äußeren Umgebung fest verbunden, beispielsweise mit dem Boden oder mit einer Seitenwand des betreffenden Schmelzaggregates, zum Beispiel einer Schmelzwanne aus feuerfestem Material. Die Elektrodeneinheit kann aber auch oberhalb des Spiegels der Schmelze angeordnet sein. Dabei kann die Elektrode durch eine Bohrung in einem sogenannten Abdeckstein hindurchgeführt sein, ferner durch den Oberofenraum, um in die Schmelze einzutauchen.

[0006] Der Elektrodenhalter besteht in der Regel aus Edelstahl oder aus einer Edelstahllegierung. Derjenige Teil, an den die Elektrode angeschlossen ist, kommt häufig in unmittelbarem Kontakt mit der

Schmelze. Aus diesem Grunde wird er im allgemeinen aus hochwarmfesten Stählen ausgeführt.

[0007] Elektrodeneinheiten der genannten Art finden sich im Einschmelzteil, im Läuterteil, im Konditionierteil sowie im Verteiler- und Rinnensystem einer Glaserzeugungsanlage. Verteiler und Rinnen sind häufig abgedeckt, vor allem bei Gläsern, die zum Verdampfen von Glasbestandteilen neigen.

[0008] DE 30 33 769 A1 beschreibt beispielsweise eine Elektrodeneinheit zur Anwendung bei der Glasherstellung, mit einer Elektrode aus Refraktärmetall, einem Elektrodenhalter, der eine Kühlgeometrie aufweist und frei ist von einer Wasserkühleinrichtung, ferner eine Schutzhülse aus Material, das gegen die Glasschmelze und die umgebende Atmosphäre beständig ist. Die Schutzhülse umhüllt die Elektrode. Dabei ist die „Kühlgeometrie“ des Elektrodenhalters nicht näher definiert.

[0009] DE 44 45 167 C1 beschreibt eine Elektrodenanordnung für Glas-Wannenöfen. Dabei ist eine stabförmige Elektrode verschiebbar durch einen hülsenförmigen Elektrodenhalter hindurchgeführt, welcher auf mindestens einem Teil seiner Länge mit einer Einrichtung zur Zwangskühlung versehen ist und in einem Elektrodenstein der Wanne angeordnet ist. Gemäß einer dargestellten Ausführung kann der Elektrodenhalter unter Zwischenschaltung einer Isolierhülse im Elektrodenstein angeordnet sein.

[0010] Die Elektrodenhalter müssen gekühlt werden, um den auftretenden hohen Temperaturen über eine längere Zeitspanne hinweg standzuhalten.

[0011] Man kennt wassergekühlte und luftgekühlte Elektrodenhalter. Beide Systeme haben Vor- und Nachteile.

[0012] Die Wasserkühlung führt je nach Haltertyp, Steinmaterial und Setztiefe im Stein, zu einer sogenannten Verglasung. Die Verglasung wirkt sich günstig aus. Sie verhindert nämlich, daß bei Elektrodenmaterialien wie Molybdän oder Wolfram der atmosphärische Luftsauerstoff die Elektrode erreichen und oxidieren kann, was zum Ausfall des Bauteiles mit allen für den Prozeß negativen Konsequenzen führt. Molybdän und Wolfram oxidieren beziehungsweise verdampfen ab ca. 600° C.

[0013] Die Wasserkühlung hat einen weiteren Vorteil. Ist die Elektrodeneinheit in den Boden beziehungsweise in eine Seitenwand eines Schmelze führenden Aggregates eingesetzt, so verhindert die Wasserkühlung ein Auslaufen von Schmelze im Falle eines Elektrodenbruchs.

[0014] Gleichwohl bedeutet die Wasserkühlung einen erheblichen apparativen Aufwand.

[0015] Auch der Betrieb ist nicht optimal. So muß wegen der Bildung von Kesselstein, der mit der Zeit die Kühlwirkung drastisch reduziert und letztlich zum Ausfall der Elektrode über Wassereintrich in das Schmelzaggregat mit Totalausfall der Fertigung führt, speziell aufbereitetes Wasser in einem separaten Kühlkreislauf zur Verfügung gestellt werden. Dies bedeutet ein aufwendiges Verteiler- und Kühlsystem mit

entsprechenden Wartungs- und Investitionskosten. Darüber hinaus muß die Energie, die durch das Wasser dem Prozeß entzogen wird, zusätzlich eingebracht werden. Diese Kühlverluste sind in der Regel auch nicht zum Teil wiederzugewinnen und verursachen dadurch Mehrkosten. Dies können je nach Temperatur der Schmelze, Elektroden dimensionen und Haltertyp zwischen 1 und 10 kW pro Elektrode sein.

[0016] Luftgekühlte Elektrodenhalter sollten nur oberhalb des Spiegels der Schmelze eingesetzt werden, da andernfalls immer eine erhebliche Gefahr eines Auslaufens der Schmelze besteht.

[0017] Luftgekühlte Elektrodenhalter werden meist in Verbindung mit Edelmetallelektroden verwendet. Dabei weist die Elektrode einen Körper aus Refraktärmetall oder hochwarmfestem Stahl oder Feuerfestmaterial auf, und eine Außenhaut aus Edelmetall. Die Außenhaut ist mit dem Elektrodenhalter verschweißt. Die Schweißnaht stellt einen Problembereich dar, da sie nur eine maximale Temperatur zuläßt und bei Überschreiten eines bestimmten Temperaturwertes zu Versprödung und starker Diffusion neigt. Demgemäß sind bei luftgeköhlten Elektrodenhaltern im allgemeinen nur Temperaturen der Glasschmelze unterhalb 1450° C möglich, bei entsprechend geringer Strombelastung.

[0018] Die Nachteile von Elektrodeneinheiten mit luftgeköhlten Elektrodenhaltern bestehen somit in den hohen Herstellungskosten der Elektroden aus Edelmetall oder Edelmetalllegierungen, ferner in den niedrigen Betriebstemperaturen. Die bei Spezialgläsern erforderlichen hohen Temperaturen führen zu einer Verringerung der mechanischen Stabilität der Edelmetalle.

[0019] Es ist wünschenswert, Elektroden aus solchen Materialien herzustellen, die im Einsatz hohe Stromdichten zulassen und die demgemäß mit hohen Stromstärken beaufschlagt werden können. Bei Edelmetallelektroden liegt eine sinnvolle Grenze bei ca. 1 A/cm<sup>2</sup>. Bei Molybdän oder Wolfram werden bis zu 5 A/cm<sup>2</sup> erreicht.

[0020] Eine weitere Beschränkung der Anwendung von Edelmetallelektroden liegt in der anwendbaren Frequenz. Die Beheizung erfolgt in der Regel mit 10 kHz. Bei niedrigeren Frequenzen tritt nämlich die sogenannte Platinzerstäubung auf, was innerhalb kürzester Zeit zum Ausfall des Bauteiles führt. Die hohe Frequenz verteuert aber eine Elektrodeneinheit gegenüber einer solchen, die mit den üblichen 50 Hz betrieben werden kann.

[0021] Schließlich neigen Elektrodeneinheiten mit luftgeköhlten Elektrodenhaltern zu einer Sauerstoffblasenbildung an der Edelmetalloberfläche bei Bestromung. Dies führt bei Einsatz im Rinnen- und Speisersystem zu erheblichen Qualitätseinschränkungen.

#### Aufgabenstellung

[0022] Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde,

eine Elektrodeneinheit derart zu gestalten, daß die Nachteile der Luft- und der Wasserkühlung vermieden, aber die notwendigen Anforderungen dennoch erfüllt werden. Insbesondere soll die aufwendige und nachteilige Wasserkühlung entfallen.

[0023] Diese Aufgabe wird durch die Merkmale von Anspruch 1 gelöst.

[0024] Um die hohen Stromdichten und gewünschten Temperaturen in der Glasschmelze von bis zu 1700° C erreichen zu können, besteht der Elektrodenkörper aus einem Refraktärmetall wie Molybdän oder Wolfram.

[0025] Diese Elektrode wird zum Beispiel über ein Gewinde fest mit dem Elektrodenhalter mit einem definierten Stromübergang verbunden. Dieser Bereich des Halters kann aus einem hochwarmfesten Material wie Inconel bestehen. Für den restlichen weniger beanspruchten Teil kann kostengünstiger Stahl gewählt werden.

[0026] Der Elektrodenhalter ist nicht wassergeköhlt. Um Wärme abzugeben und damit kritische Bauelemente der Anordnung wie zum Beispiel Schweißnähte unter bestimmten Grenztemperaturen zu halten, ist der Halter mit sogenannten Kühlrippen versehen und wenn notwendig werden zusätzliche Kühlflächen daran befestigt (bei Bedarf montierbar). Wie üblich ist eine geeignete Vorrichtung zum Befestigen der Stromkabel angebracht.

[0027] Damit das Refraktärmetall gegen Oxidation geschützt ist, wird über den Elektrodenstab eine Schutzhülse geschoben, deren eines Ende in das Glas eintaucht und das andere Ende in geeigneter Weise gasdicht mit dem Halter verbunden wird. Die Schutzhülse kann aus einem hoch schmelzenden Glas wie Kieselglas, aus einem feuerfesten Material, aus MoSi<sub>2</sub> oder aus einem anderen Material (auch Edelmetall) bestehen, was zum einen beständig gegen die flüssige Glasschmelze und zum anderen inert gegen die äußere Luftatmosphäre ist. Ferner ist eine Verkleidung der Schutzhülse mit zum Beispiel Edelmetall möglich (siehe Ausführungsbeispiel). Dabei kann der Einsatz des Edelmetalles auf ein Minimum reduziert werden.

[0028] Bei einer Edelmetallverkleidung der Schutzhülse kann die Gasdichtigkeit am Halter durch eine Verschweißung realisiert werden. Wegen der Festigkeit, Diffusionsvorgänge, Verzunderung und Langzeitstabilität sollte die Temperatur an dieser Schweißnaht nicht über 1000° C liegen.

[0029] Wenn in diesem Bereich keine Verschweißung möglich ist (zum Beispiel keine Edelmetallverkleidung), kann durch sogenannte Dichtpassungen über O-Ringe etc. die Gasdichtigkeit gewährleistet werden. Auch hier ist die Kühlleistung und die Schutzhüslenlänge so zu wählen, daß die Maximal Einsatztemperaturen der entsprechenden Komponenten nicht überschritten werden. Dies kann beispielsweise durch eine Verlängerung der Schutzhülse geschehen.

[0030] Der untere Teil der Schutzhülse ist geeignet

gegen ein Abrutschen zu sichern, zum Beispiel über einen Stift, der durch den Refraktärmetallstab geführt wird. Bei einer Edelmetallverkleidung wird die Schutzhülse von dem Edelmetall selbst gehalten.

[0031] Die Schutzhülse sollte wie oben beschrieben, ein gewisses Maß in das Glas eintauchen (ca. 20 – 40 mm), um Glasstands- und/oder Temperaturschwankungen ausgleichen zu können, denn abhängig von der Einbausituation wird das Glas in einer bestimmten Höhe der Schutzhülse einfrieren. In dem Ausführungsbeispiel handelt es sich um eine sogenannte Top-Elektrode, die von oben durch eine Bohrung eines Abdecksteines in die Glasschmelze eingeführt wird. Die Eintauchtiefe und die Länge der Schutzhülse wird bestimmt durch:

- a) die Wärmetransporteigenschaften der Anordnung, die auch die Temperatur an der Übergangsstelle Elektrodenstab-Halter bestimmen,
- b) die Elektrodenbelastung durch den elektrischen Strom,
- c) und damit verbunden die Temperatur der Glasschmelze,
- d) die relative Aufteilung des zugeführten Stromes auf die eigentliche Heizelektrode und die Schutzhülse selbst, wenn diese elektrisch leitfähig ist (Widerstandverhältnis),
- e) die Anfälligkeit des Glases für Sauerstoffblasenbildung, die dann gebildet werden, wenn ein bestimmter Strom von der zum Beispiel edelmetallbeschichteten Schutzhülse ins Glasbad fließt (entfällt bei nichtleitenden Schutzhülsmaterialien).

[0032] Der Wärmehaushalt der Anordnung kann entscheidend beeinflusst werden durch die Geometrie der Elektrode. So transportiert eine hohle Elektrode bedeutend weniger Energie aus der Schmelze auf den Halter, da weniger Querschnittsfläche zum Wärmetransport vorhanden ist. Hier kann eine Optimierung zwischen Stromdurchgang und Wärmeübertragung erreicht werden. Dies spart sowohl Energie als auch dient es zur Entlastung der Verbindungsstelle Elektrode-Halter. Im Endeffekt kann die Hülse kürzer ausfallen.

[0033] Die Elektrode mit Halter wird in der Regel durch eine Bohrung in einem sogenannten Elektrodenstein in die Glasschmelze eingebracht. Durch das Fehlen einer Wasserkühlung ist das Glas in der Bohrung noch so heiß, daß es elektrisch leitfähig bleibt. So kann in Abhängigkeit von Geometrie der Bohrungsumgebung, Heizkreisgeometrie und den entsprechenden Temperaturen Strom in der Bohrung selbst von der Elektrode ins Glas fließen. Dies birgt die Gefahr, daß ein merklicher Teil des Stromes über den Elektrodenstein fließen kann und zu dessen vorzeitigen Verschleiß beiträgt.

[0034] Je nach der Leitfähigkeit des Glases ist dann entweder ein entsprechendes Elektrodensteinmaterial auszuwählen oder eine sogenannte Feuertesthülse aus einem elektrisch nicht leitenden Material ge-

mäß Anspruch 1 vorzusehen und insbesondere in die entsprechend vergrößerte Bohrung des zu gut leitfähigen Elektrodensteines einzusetzen (siehe Ausführungsbeispiel).

[0035] Thermoelemente an geeigneten Positionen (wie zum Beispiel Hülsenunterkante, Schweißnaht) dienen der Prozeßkontrolle und der Optimierung der Eintauchtiefe.

[0036] Folgende Übersicht enthält Angaben über Parameter, die in der Praxis angewandt werden können.

- a) Bauform: an dem Elektrodenstab kann eine Platte, Block, Kalotte oder eine andere beliebige Geometrie montiert werden
- b) Aufbau: Halter, Elektrodenstab fest mit Halter verbunden oder nachschiebbar, darüber eine Hülse zum Schutz gegen Oxidation
- c) Durchmesser des El.-stabes: 5 – 200 mm, vorzugsweise 10 – 80 mm Vollstab oder hohl, wobei Wandstärke von 1 – 50 mm, vorzugsweise 5 – 20 mm
- d) Elektrodenmaterial: Refraktärmetalle wie Molybdän oder Wolfram
- e) Material der Schutzhülse: – alle Edelmetalle (Legierungen), vorzugsweise Pt, PtRh 10 – 30 (Wirtschaftlichkeit), hochschmelzendes Glas (zum Beispiel Kieselglas), Feuertestmaterial,  $\text{MoSi}_2$ , andere Materialien, die beständig gegen die Glasschmelze sind; oder Kombinationen derselben
- f) Schutzhülsendicke: 1 – 50 mm, vorzugsweise 2 – 15 mm
- g) Schutzhülsenlänge: 20 – 1000 mm, vorzugsweise 100 – 400 mm
- h) Eintauchtiefe ins Glas: 2 – 200 mm, vorzugsweise 10 – 100 mm
- i) Temperatur: 1000 – 1700° C, vorzugsweise 1200 – 1650° C
- j) Frequenz: 1 Hz – 50 kHz, vorzugsweise 50 Hz
- k) Belastung: 0.01 – 10 A/cm<sup>2</sup>, vorzugsweise 0.1 – 2 A/cm<sup>2</sup>
- l) Kühlung: Luftkühlung über sogenannte Kühlrippen und Zusatzkühlflächen
- m) Bohrung im Stein: Durchmesser 25 – 500 mm, vorzugsweise 50 – 150 mm
- n) Feuertesthülse: wenn notwendig in der Steinbohrung, aus elektrisch nichtleitendem Material, vorzugsweise  $p_{\text{el,FF}}(T) \geq 10 p_{\text{el,Glas}}(T)$ ;  $p_{\text{el}}$ : spezifischer elektrischer Widerstand
- o) Einbauposition: von oben, von der Seite
- p) Standzeit: länger oder gleich wie bei einem wassergekühlten Halter
- q) Energieeinsparung: 10 – 90 % eines wassergekühlten Halters, vorzugsweise 20 – 60

#### Ausführungsbeispiel

[0037] Die Erfindung ist anhand der Zeichnung näher erläutert. Diese zeigt eine Elektroden Einheit mit dem zugehörigen Umfeld in schematischer Darstellung.

[0038] Im einzelnen zeigen die Figuren folgendes:

[0039] **Fig. 1** zeigt eine komplette Elektrodeneinheit.

[0040] **Fig. 2** zeigt in etwas genauerer Darstellung die Elektrode sowie die Hülse aus **Fig. 1**.

[0041] **Fig. 3** zeigt den Gegenstand von **Fig. 2** in einem achsenkrechten Schnitt.

[0042] Die in **Fig. 1** gezeigte Elektrodeneinheit umfaßt als wichtigste Bauteile eine Elektrode 1 sowie einen Elektrodenhalter 2. Diese beiden sind von einer Feuerfesthülse 3 teilweise umschlossen, und zwar derart, daß ein "Luftspalt" zwischen der Leibung 3.1 der Hülse 3 und der Mantelfläche 1.1 der Elektrode verbleibt. Dieser "Luftspalt" ist so groß zu wählen, daß ein Setzen der Elektrode problemlos möglich ist.

[0043] Die Feuerfesthülse 3 ist ihrerseits in einen Abdeckstein 4 eingelassen. Der Abdeckstein ist auf seiner Oberseite von Isolationssteinen 5 abgedeckt.

[0044] Elektrode 1 und Elektrodenhalter 2 sind starr miteinander verbunden. Zu diesem Zwecke weist die Elektrode 1 an ihrem oberen Ende ein Gewinde 1.2 auf. Der Elektrodenhalter 2 besitzt das entsprechende Gegengewinde.

[0045] Der Elektrodenhalter weist Kühlrippen 2.1 auf, ferner einen Anschlußteil 2.2 für die Stromzufuhr.

[0046] Gemäß der Erfindung ist die Elektrode 1 von einer Schutzhülse 6 umhüllt. Die Schutzhülse 6 besteht aus einem Feuerfestmaterial. Sie ist edelmetallverkleidet und an ihrem oberen Ende durch eine Schweißnaht 7 mit dem unteren Ende des Elektrodenhalters 2 zuverlässig fest und gasdicht verbunden. An ihrem unteren Ende umschließt sie die Mantelfläche 1.1 der Elektrode 1.

[0047] Wie man sieht, ist die Schutzhülse 6 derart lang bemessen, daß sie bei Betrieb in die Schmelze eintaucht – siehe den Schmelzenspiegel 8.

[0048] Die Schutzhülse 6 umhüllt die Elektrode 1 nicht auf deren gesamter Länge. Vielmehr liegt ein wesentlicher Teil der Elektrode frei, um den Strom ungehindert von der Oberfläche der Elektrode 1 wegfließen zu lassen.

[0049] Die **Fig. 2** und **3** lassen erkennen, daß die Schutzhülse 6 aus einem Feuerfestmaterial 6.1 aufgebaut ist, das der Elektrode 1 zugewandt ist, ferner aus einer Edelmetallhülle 6.2, die das Feuerfestmaterial unmittelbar umschließt. Der Spalt 6.3 zwischen Elektrode 1 und Schutzhülse 6 bestimmt sich aus Fertigungstoleranzen sowie aus Montageerfordernissen.

[0050] Die erfindungsgemäße Elektrodeneinheit läßt sich für zahlreiche Anwendungen einsetzen. Beispiele sind die Herstellung von Laborgläsern, Fernsehschirmen, Rohren, Kochfeldern.

[0051] Als Glasarten, bei deren Erzeugung die erfindungsgemäße Elektrodeneinheit verwendet werden kann, sind beispielshalber zu nennen:

Borosilicatglas, Displayglas, Fernsehglas, Kalk-Natronglas.

## Patentansprüche

1. Elektrodeneinheit zur Anwendung bei der Glasherstellung, insbesondere in mit den folgenden Merkmalen:

1.1 mit einer Elektrode (1);

1.2 mit einem Elektrodenhalter (2);

1.3 der Elektrodenhalter weist eine Kühlgeometrie auf;

1.4 der Elektrodenhalter ist frei von einer Wasserkühlvorrichtung;

1.5 die Elektrode (1) besteht aus einem Refraktärmetall;

1.6 es ist eine Schutzhülse (6) vorgesehen, die die Elektrode (1) umhüllt, und deren eines Ende an den Elektrodenhalter (2) gasdicht angeschlossen ist, und deren anderes Ende die Elektrode (1) umschließt;

1.7 die Schutzhülse (6) besteht aus einem Material, das gegen eine Glasschmelze sowie gegen die umgebende Atmosphäre beständig ist;

1.8 die Schutzhülse (6) ist von einer Feuerfesthülse (3) umschlossen, die aus elektrisch nicht leitendem Material besteht;

1.9 die Schutzhülse (6) umhüllt die Elektrode (1) unter Belassen eines Spaltes (6.3)

2. Elektrodeneinheit nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Schutzhülse (6) aus Edelmetall oder einer Edelmetalllegierung besteht.

3. Elektrodeneinheit nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Schutzhülse (6) aus einem der folgenden Materialien oder einer Kombination hieraus besteht:

aus hochschmelzendem Glas

aus Feuerfestmaterial

aus Elektrodenstein

aus einem Edelmetall

aus einer Edelmetalllegierung

aus  $\text{MoSi}_2$ .

4. Elektrodeneinheit nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß eine Einrichtung zum Beaufschlagen der Elektrode (1) mit zwischen 0,5 und 5 A/cm<sup>2</sup> vorgesehen ist.

5. Elektrodeneinheit nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Elektrode (1) als Hohlkörper ausgebildet ist.

6. Elektrodeneinheit nach einem der Ansprüche 1 bis 5, gekennzeichnet durch eine derartige Länge und/oder Anordnung von Elektrode (1) und Schutzhülse (6), daß diese beiden in die Schmelze eintauchen, einer Anlage für die Herstellung von Laborgläsern, Gläsern für Fernsehschirme, Gläsern für Rohre oder Gläsern für Kochfelder.

7. Elektrodeneinheit nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß die Schutzhülse

(6) unter Belassen eines Luftspaltes von einer Feuerfesthülse (3) umschlossen ist, und daß der spezifische elektrische Widerstand der Feuerfesthülse (3) mindestens zehnmal so groß ist, wie der spezifische elektrische Widerstand des Glases der Glasschmelze.

Es folgen 2 Blatt Zeichnungen

Fig.1

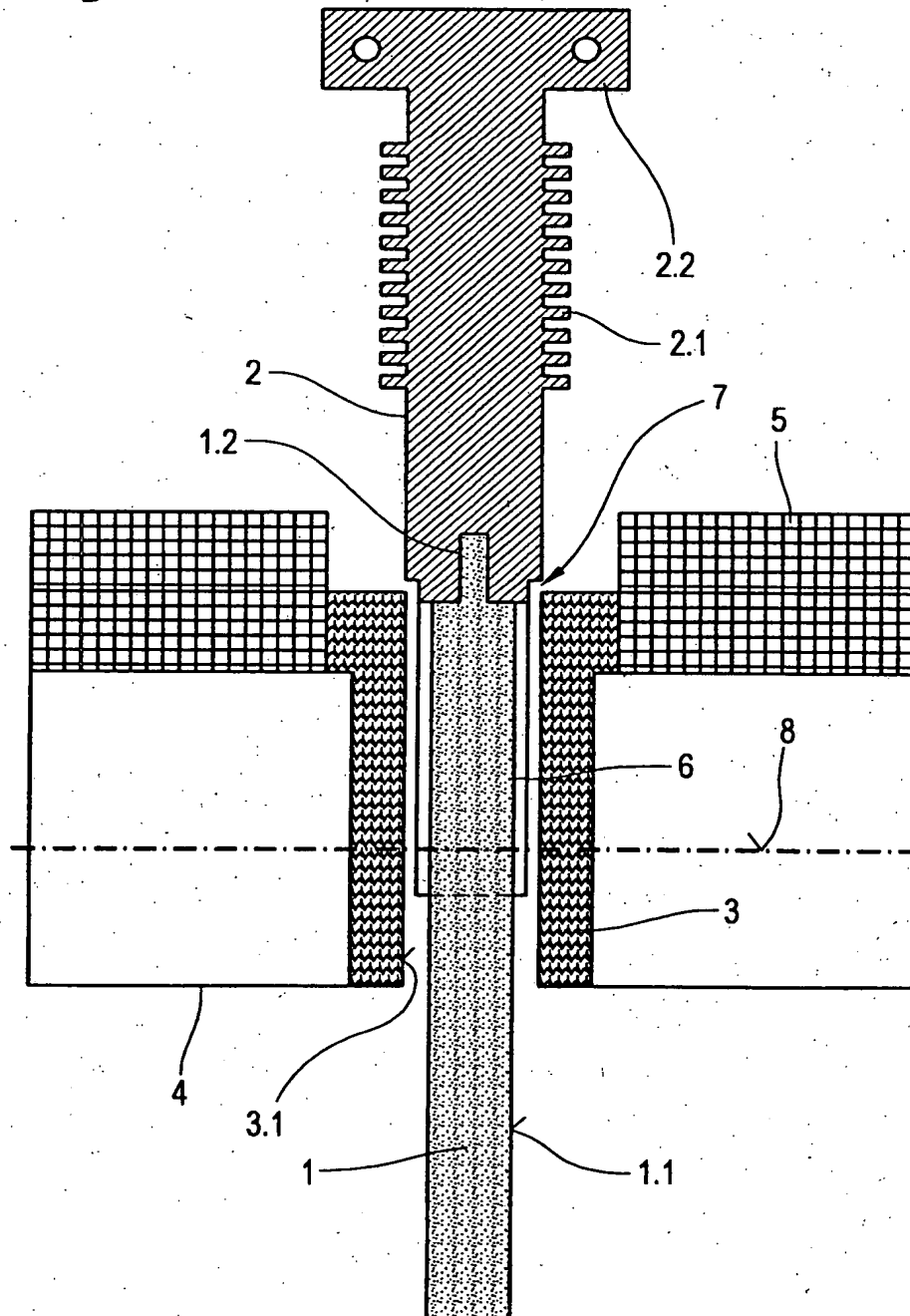


Fig.2

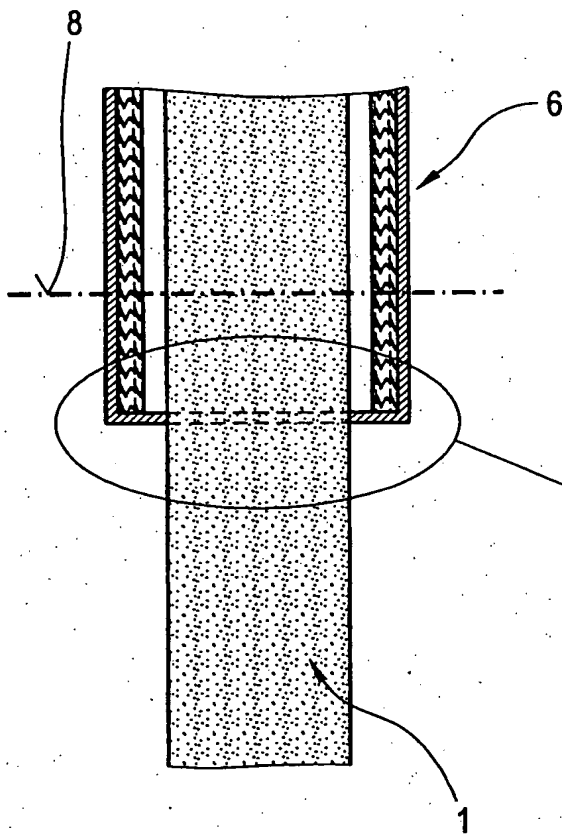


Fig.3

